
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2013/2014 Academic Session

December 2013 / January 2014

EPC 431 – Robotic And Automation
[Robotik Dan Automasi]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper contains EIGHT printed pages, and FIVE questions before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LAPAN mukasurat bercetak dan LIMA soalan sebelum anda memulakan peperiksaan].

INSTRUCTIONS : Answer **ALL** questions.
ARAHAN : Jawab **SEMUA** soalan].

You may answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*[Anda boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya].*

Answer to each question must begin on a new page.

[Jawapan untuk setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru].

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].

Q1. [a] State the “Laws of Robotics”?

Nyatakan “ Undang-undang Robotik”?

(10 marks/markah)

[b] Differentiate between serial and parallel robots.

Bezakan di antara robot siri dan robot selari.

(20 marks/markah)

[c] Describe FIVE (5) benefits that can be obtained when using robot in a production line.

Jelaskan LIMA (5) manfaat yang boleh didapati bila menggunakan robot di dalam sebuah talian pengeluaran.

(30 marks/markah)

[d] Sketch the frames of the RPR planar robot shown in Figure Q1[d], and give the linkage parameters.

Lakarkan bingkai robot satah RPR yang ditunjukkan dalam Rajah S1[d], dan berikan parameter rangkaiannya.

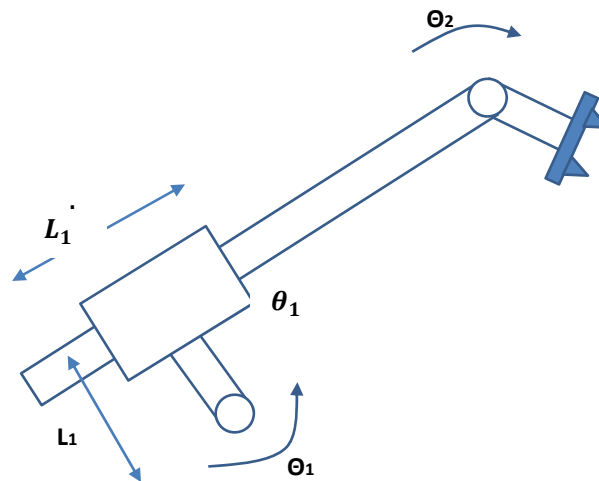


Figure Q1[d]
Rajah S1[d]

(40 marks/markah)

- Q2. [a] The desire final position and orientation of the end effector of Cartesian RPY robot is given below.**

Matlamat kedudukan dan orientasi terakhir bagi pengesan hujung robot jenis RPY 'Cartesian' adalah seperti berikut;

$${}^R T_P = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.354 & -0.674 & 0.649 & 4.33 \\ 0.505 & 0.722 & 0.475 & 2.50 \\ -0.788 & 0.160 & 0.595 & 8 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- (i) Calculate the necessary RPY angles and displacements.**

Kira sudut-sudut dan anjakan-anjakan RPY yang diperlukan.

(25 marks/markah)

- (ii) Calculate the necessary joint variables if the robot is cylindrical RPY**

Kira kesemua pembolehubah-pembolehubah sambungan yang diperlukan jika robot adalah jenis selinder RPY.

(25 marks/markah)

- [b] Figure Q2[b] shows a 4 degree of freedom robot designed for a specific operation.**

Rajah S2[b] menunjukkan sebuah robot yang mempunyai 4 darjah kebebasan direkabentuk bagi tujuan operasi tertentu.

- (i) Sketch appropriate frames for Denavit Hartenberg representation**

Lakarkan bingkai yang sesuai bagi mewakili 'Denavit Hartenberg'

(10 marks/markah)

- (ii) Develop the parameters table and derive an equation in terms of A matrices that shows ${}^U T_H$ can be calculated.**

Bangunkan jadual parameter dan terbitkan persamaan dalam bentuk matrik-matrik A yang menunjukkan ${}^U T_H$ supaya dapat dikira.

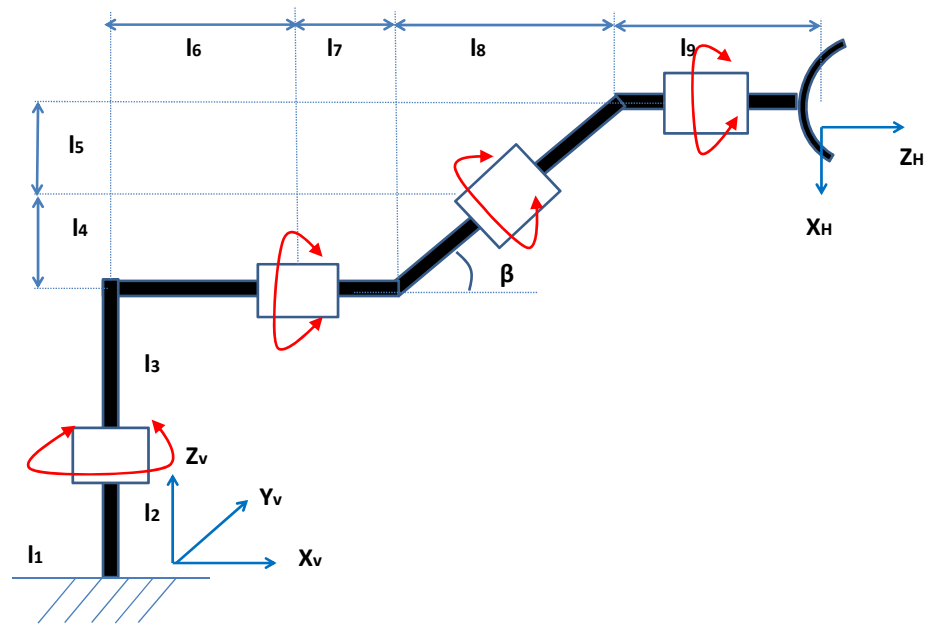


Figure Q2[b]

Rajah S2[b]

(40 marks/markah)

- Q3. [a] Describe the definition of robot arm kinematics. Explain the use of forward and inverse kinematics in robotics.

Jelaskan definisi kinematik lengan robot. Huraikan penggunaan kinematik hadapan dan songsang dalam robotik.

(25 marks/markah)

- [b] State FIVE (5) types of mobile robot and elaborate its configuration advantages and disadvantages with respect to its application.

Nyatakan LIMA (5) jenis robot boleh-alih dan huraikan kelebihan dan kelemahan konfigurasinya berdasarkan aplikasinya

(25 marks/markah)

- [c] Figure Q3[c] shows the differential type wheeled mobile robot. Develop the kinematic model for world frame and robot frame.

Rajah S3[c] menunjukkan sejenis robot boleh-alih beroda pembeza. Bangunkan model kinematik untuk kerangka dunia dan kerangka robot.

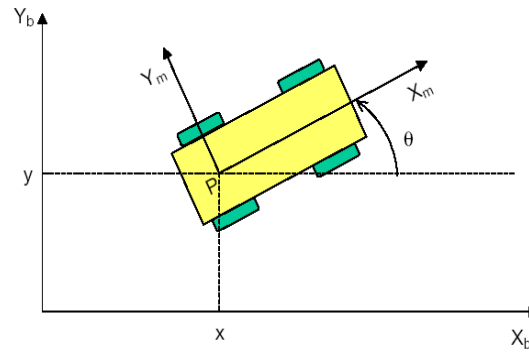


Figure Q3[c]
Rajah S3[c]

(50 marks/markah)

- Q4. [a] Explain the characteristics of LINEAR and CIRCULAR motion in Kuka Robot Language.**

Terangkan ciri-ciri pergerakan LELURUS dan BULATAN dalam Bahasa Robot Kuka.

(20 marks/markah)

- [b] Analyze the Kuka robot program as shown in Figure Q4[b] and comment what will happen to Kuka robot when the program is executed. Explain how to stop the robot.**

Analisa aturcara robot Kuka seperti ditunjukkan dalam Rajah S4[b] dan komen apa akan berlaku bila aturcara tersebut dilaksanakan. Terangkan bagaimana untuk memberhentikan robot tersebut.

```

1 DEF Main()
2   INI
3   PTP HOME Vel=100 % DEFAULT
4   LOOP
5     Pick_Cube()
6     Place_Cube()
7     Store_Cube()
8     IF $IN[12] THEN
9       EXIT
10    ENDIF
11  ENDLOOP
12  PTP HOME Vel=100 % DEFAULT
13 END

```

Figure Q4[b]
Rajah S4[b]

(40 marks/markah)

- [c] Develop a program for Kuka robot to pick and place an object following the path as shown in Figure 4[c] with velocity 0.8 m/s using base[4] and tool[5]. The tool center point starts from current position and ends at the HOME position. Open the gripper at point P1. Pick the object at point P2 and place the object at point P6. Output 17 and 18 are used for opening and closing the gripper respectively.

Bangunkan satu aturcara bagi robot Kuka untuk mengambil dan meletakkan sebuah objek mengikut laluan seperti ditunjukkan dalam Rajah 4[c] dengan halaju 0.8 m/s menggunakan base[4] dan tool[5]. Titik pusat alatnya bermula dari posisi semasa dan berakhir pada posisi ASALAN. Buka penggenggam pada titik P1. Ambil objek tersebut pada titik P2 dan letakkannya pada titik P6. Output 17 dan 18 masing-masing diguna bagi membuka dan menutup penggenggam.

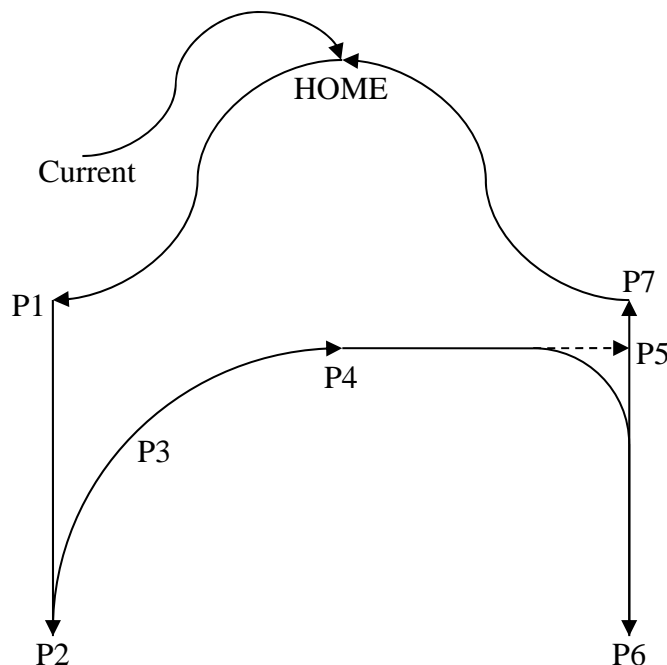


Figure 4[c]
Rajah 4[c]

(40 marks/markah)

- Q5. [a] When are SYN OUT statements used in programming Kuka robot?

Bilakah kenyataan-kenyataan SYN OUT diguna dalam pengaturcaraan robot Kuka?

(20 marks/markah)

- [b] Analyze the two Kuka robot programs as shown in Figure Q5[b](i) and Q5[b](ii) and explain the difference in the movement of tool center point as a result of the programs.**

Analisa dua aturcara robot Kuka seperti ditunjukkan dalam Rajah S5[b](i) dan S5[b](ii) dan terangkan perbezaan dalam pergerakan titik pusat alat akibat aturcara-aturcara tersebut.

```

1  DEF Main()
2  INI
3  PTP HOME Vel=100 % DEFAULT
4  PTP P1 Vel=100 % PDAT1 Tool[1] Base[0]
5  PTP P2 Vel=100 % PDAT2 Tool[1] Base[0]
6  LIN P3 Vel=0.5 m/s CPDAT1 Tool[1] Base[0]
7  CIRC P4 P5 Vel=0.5 m/s CPDAT2 Tool[1] Base[0]
8  CIRC P6 P7 Vel=0.5 m/s CPDAT3 Tool[1] Base[0]
9  LIN P8 Vel=0.5 m/s CPDAT4 Tool[1] Base[0]
10 CIRC P9 P10 Vel=0.5 m/s CPDAT5 Tool[1] Base[0]
11 CIRC P11 P12 Vel=0.5 m/s CPDAT6 Tool[1] Base[0]
12 LIN P13 Vel=0.5 m/s CPDAT7 Tool[1] Base[0]
13 LIN P2 Vel=0.5 m/s CPDAT8 Tool[1] Base[0]
14 PTP P1 Vel=100 % PDAT3 Tool[1] Base[0]
15 PTP HOME Vel=100 % DEFAULT
16 END

```

Figure Q5[b](i)

Rajah S5[b](i)

```

1  DEF Main()
2  INI
3  PTP HOME Vel=100 % DEFAULT
4  PTP P1 Vel=100 % PDAT1 Tool[1] Base[0]
5  PTP P2 Vel=100 % PDAT2 Tool[1] Base[0]
6  LIN P3 Vel=0.5 m/s CPDAT1 Tool[1] Base[0]
7  CIRC P4 P5 Vel=0.5 m/s CPDAT2 Tool[1] Base[0]
8  CIRC P6 P7 CONT Vel=0.5 m/s CPDAT3 Tool[1] Base[0]
9  LIN P8 CONT Vel=0.5 m/s CPDAT4 Tool[1] Base[0]
10 CIRC P9 P10 Vel=0.5 m/s CPDAT5 Tool[1] Base[0]
11 CIRC P11 P12 Vel=0.5 m/s CPDAT6 Tool[1] Base[0]
12 LIN P13 CONT Vel=0.5 m/s CPDAT7 Tool[1] Base[0]
13 LIN P2 Vel=0.5 m/s CPDAT8 Tool[1] Base[0]
14 PTP P1 Vel=100 % PDAT3 Tool[1] Base[0]
15 PTP HOME Vel=100 % DEFAULT
16 END

```

Figure Q5[b](ii)

Rajah S5[b](ii)

(40 marks/markah)

- [c] **Develop a program for Kuka robot to weld along a circular edge of an automotive component starting from point P1 to end point P3 passing through point P2. Use base[7] and tool[3] with velocity 0.4 m/s. Add logic functions for a programmable logic controller to issue an enabling signal (input 7) before leaving the HOME position and receive a pulse signal (output 7) for 2 seconds after returning to the HOME position. The welding torch (output 9) must be activated 0.6 second before reaching point P1 and deactivated 10 mm in distance before reaching point P3. A signal lamp (output 8) needs to be activated starting before leaving the HOME position until returning to the HOME position.**

Bangunkan satu aturcara untuk robot Kuka bagi mengimpal sepanjang satu pinggir bulatan sebuah komponen automotif bermula dari titik P1 hingga titik P3 melalui titik P2. Gunakan base[7] dan tool[3] dengan halaju 0.4 m/s. Tambah fungsi-fungsi logik bagi sebuah pengawal logik bolehatucara memberi satu isyarat mula (output 7) sebelum meninggalkan posisi ASALAN dan menerima satu isyarat denyut (output 7) selama 2 saat selepas kembali ke posisi ASALAN. Muncung pengimpal (output 9) mestilah diaktifkan 0.6 saat sebelum sampai titik P1 dan dinyahaktifkan dalam jarak 10 mm sebelum sampai titik P3. Satu isyarat lampu (output 8) perlu diaktifkan bermula sebelum meninggalkan posisi ASALAN sehingga kembali ke posisi ASALAN.

(40 marks/markah)

-oooOOooo-